

Климовицький Ф.В.¹ , Безсмертний Ю.О.² , Шевчук В.І.² , Макогончук А.В.² ,
Безсмертна Г.В.² 

¹Донецький національний медичний університет МОЗ України, м. Кропивницький, Україна

²Університетська клініка Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова,
м. Вінниця, Україна

Реконструктивні операції ампутаційних кукс гомілок внаслідок бойової травми

For citation: *Travma*. 2025;26(6):410-417. doi: 10.22141/1608-1706.6.26.2025.1055

Резюме. Актуальність. Повномасштабні воєнні дії супроводжуються зростанням кількості поранених із тяжкими uszkodженнями кінцівок, що часто потребують ампутацій. Незважаючи на вдосконалення хірургічних технологій, у значної частини пацієнтів після ампутації нижніх кінцівок формуються патологічно змінені кукси, що ускладнює їх протезування та подальшу реабілітацію. **Мета:** підвищення ефективності реконструктивно-відновного лікування пацієнтів із дефектами ампутаційних кукс нижніх кінцівок після бойової травми шляхом удосконалення способів ампутаційної пластики. **Матеріали та методи.** Проведено клінічне обстеження та хірургічне лікування 126 пацієнтів із дефектами ампутаційних кукс гомілки, серед яких переважали посттравматичні ураження, зумовлені мінно-вибуховими та вогнепальними пораненнями. Виконано 137 реконструктивних оперативних втручань, серед яких міопластичні, остеопластичні та шкірно-підшкірні операції. Для оцінки результатів застосовано рентгенологічні, ультразвукові та гістологічні методи дослідження. Тривалість спостереження становила від 3 місяців до 5 років. **Результати.** У всіх пацієнтів отримано стійкий позитивний результат із формуванням еластичної, безболісної та функціонально повноцінної кукси, придатної для сучасного протезування. Застосування розроблених і вдосконалених способів шкірної, м'язової та кісткової пластики сприяло підвищенню опороздатності кукси, рівномірному розподілу навантаження в приймальній гільзі протеза та зменшенню відсотка неправильно сформованих кукс. **Висновки.** Закриття дефектів невідільними шкірно-підшкірними клаптями є методом вибору при реконструкції ампутаційних кукс гомілок після бойових травм. Фіксація м'язів до кістки дозволяє усунути вади кукси та отримати пружну м'язову куксу. Формування міжкісткового синостозу різними кістковопластичними методами суттєво поліпшує функціональні властивості кукси та сприяє ефективному протезуванню.

Ключові слова: бойова травма; ампутаційна кукса; реконструктивна хірургія; міопластика; остеопластика

Вступ

Сучасна війна супроводжується значною кількістю множинних і поєднаних уражень опорно-рухового апарату, серед яких переважають мінно-вибухові та вогнепальні поранення нижніх кінцівок. У частині таких випадків первинним етапом лікування є ампутація [1–3]. Проте в передових районах це втручання має попередній характер. Воно часто спрямоване на врятування життя потерпілого. Усу-

нення вад кукси покладається на тиліві медичні заклади [4–6].

Бойова травма відрізняється від побутової масштабом руйнування тканин, забруднення рани, наявністю зон вторинного некрозу та високим ризиком інфекційних ускладнень [5, 7–10]. Це зумовлює розвиток деформацій кукси, рубцевих контрактур, болючих невром і зниження опороздатності, що істотно ускладнює протезування та реабілітацію поранених [7, 8, 11–13].



© 2025. The Authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, CC BY, which allows others to freely distribute the published article, with the obligatory reference to the authors of original works and original publication in this journal.

Для кореспонденції: Безсмертний Юрій Олександрович, доктор медичних наук, професор, завідувач відділення реконструктивної ортопедії та травматології, Університетська клініка Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова, Хмельницьке шосе, 104, м. Вінниця, 21100, Україна; e-mail: bezsmertnyiurii@gmail.com; тел.: +380 (97) 281-51-60

For correspondence: Yuriy Bezsmertnyi, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Reconstructive Orthopedics and Traumatology, University Clinic of Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Khmelnytsky Highway, 104, Vinnytsia, 21100, Ukraine; e-mail: bezsmertnyiurii@gmail.com; phone: +380 (97) 281-51-60

Full list of authors information is available at the end of the article.

Вітчизняні й зарубіжні дослідження [5, 14–16] підтверджують ефективність комплексного підходу до реконструкції ампутаційних кукс. У працях [16–18] описано метод Ертла (Ertl), що передбачає формування кісткового містка між залишками великогомілкової та малогомілкової кісток із використанням періосту та частини кортикального шару. Хоча метод забезпечує добрий функціональний результат, він є технічно складним і може супроводжуватися ускладненнями, як-от зміщення м'язів або деформація кісткового містка.

Модифікований спосіб кістковопластичного формування синостозу з розширенням площини зрізу великогомілкової кістки дозволяє оптимізувати розподіл осевого навантаження і поліпшити трофіку тканин. На основі ідей Вейса [19] вдосконалено методику фіксації м'язів до кістки, що підвищує стабільність м'язово-кісткових структур кукси.

Функціональна повноцінність ампутованої кінцівки визначається станом м'язів, кісток і шкірного покриву, тому реконструктивні втручання мають передбачати поєднану корекцію цих компонентів. Розвиток сучасного протезування значно розширює можливості реабілітації та соціальної адаптації поранених.

Отже, одним із пріоритетних завдань сучасної медицини є вдосконалення та клінічне впровадження ефективних реконструктивних методик формування повноцінної функціональної кукси нижньої кінцівки після бойових травм.

Мета: підвищити ефективність реконструктивно-відновного лікування пацієнтів із дефектами ампутаційних кукс нижніх кінцівок після бойової травми шляхом удосконалення методик ампутаційної пластики.

Матеріали та методи

Під нашим спостереженням перебували 126 пацієнтів із вадами та захворюваннями ампутаційних кукс гомілки віком від 19 до 52 років. Термін після первинної



Рисунок 1. Розподіл хворих за причиною ампутації

ампутації становив від 2 до 10 місяців ($5,4 \pm 1,3$ місяця). Тривалість спостереження становила від 3 місяців до 5 років. Основною причиною ампутацій були бойові поранення нижніх кінцівок — у 117 (92,8 %) пацієнтів, серед яких переважали мінно-вибухові ураження (93 випадки, 73,8 %) та вогнепальні поранення (24 випадки, 19,0 %). Інші причини включали обмороження (6 випадків, 4,8 %) та судинні захворювання (3 випадки, 2,4 %) (рис. 1).

Клінічне обстеження включало оцінку рівня ампутації, форми кукси, стану м'язових тканин, рубця, м'язової сили, кровообігу, рухливості суглобів, наявності болю. Тривалість користування протезом оцінювалася протягом добового циклу. Загальна характеристика вад і захворювань ампутаційних кукс наведена в табл. 1.

Проводили стандартну рентгенографію у двох проекціях та ультразвукове дослідження апаратом Siemens Sonoline SL-450.

Морфологічні дослідження здійснювали на біопсійному матеріалі від 14 пацієнтів під час реампутацій.

Таблиця 1. Характеристика вад і захворювань ампутаційних кукс

Тип патології	Кількість пацієнтів	Реампутації		Інші операції
		Міопластичні	Кістково-пластичні	
Болючі невроми, лігатурні нориці	2	–	–	2
Спаєні з кісткою рубці	29	16	11	3
Занадто довгі та короткі кукси	12	3	9	3
Виступаючий опил кісток	18	12	6	4
Остеомієліт кінця кукси	5	2	–	3
Бурсити	5	3	2	–
Високе розташування м'язових тканин	5	2	2	1
Прикріплення м'язів до рубців	20	9	11	3
Відхилення залишку малогомілкової кістки	12	6	5	1
Надмірна рухливість залишку малогомілкової кістки	5	3	2	2
Неправильний опил кісток	13	5	5	3
Загалом	126	61	53	25

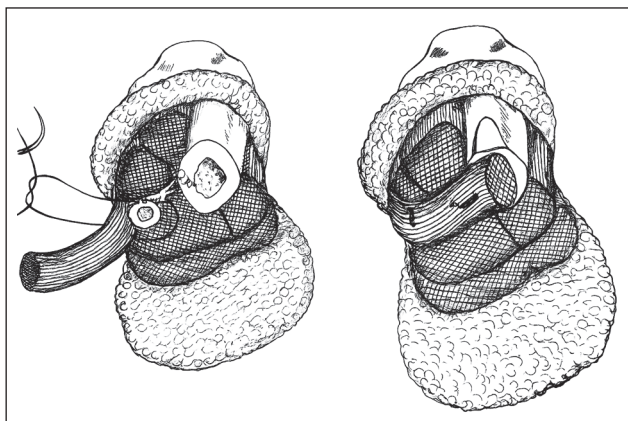


Рисунок 2. Стабілізація залишку малоомілкової кістки довгим малоомілковим м'язом

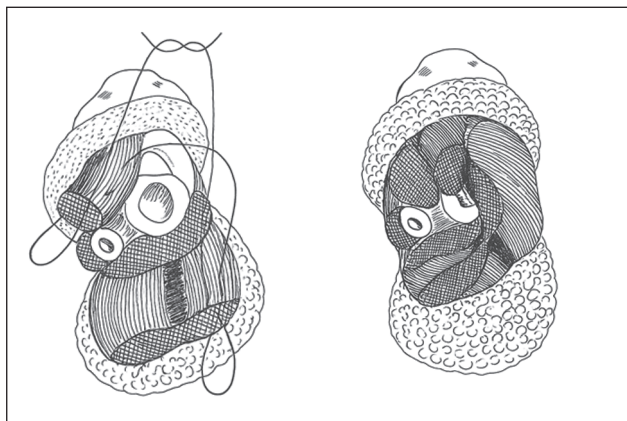


Рисунок 3. М'язова пластика кукси гомілки з укріпленням гребеня великогомілкової кістки

Остеопластичні реконструкції полягали у формуванні синостозу між великогомілковою та малоомілковою кістками за допомогою автотрансплантатів із відсічених фрагментів. Показаннями до остеопластичних реконструкцій були надлишок м'яких тканин, неправильний кістковий опил, рухливість або відхилення малоомілкової кістки, надмірна довжина кукси, рубцево-спайкові та патологічні зміни шкіри.

При міопластичній стабілізації надмірної рухливості залишку малоомілкової кістки довгий малоомілковий м'яз фіксували спочатку до залишкової кінцівки, а потім до зовнішньої поверхні великогомілкової кістки (рис. 2).

При виступаючому гребені великогомілкової кістки бурсу препарували. Гребінь виділяли і спилювали під кутом 45° . У верхній частині цього кісткового розрізу робили поперечний канал довжиною 0,6–1 см без проникнення в кістково-мозковий канал. Через канал проводили шви, що розсмоктовуються. Одним вільним кінцем підшивали латерально передній край великогомілкового м'яза, іншим — медіальну головку литкового м'яза. Лігатуру зав'язували, гребінь закривали. Після цього один вільний кінець нитки проводили через латеральну, а другий — через медіальну головку литкового м'яза U-подібно з поверненням до переднього краю великогомілкового м'яза. Нитки зав'язували. На операційному столі було отримано еластичну м'язову куксу. Якщо м'язів було забагато, проводилася висока резекція камбалоподібного м'яза (рис. 3).

Обов'язковим було вкорочення великогомілкового, поверхневого та глибокого малоомілкового нервів та заднього шкірного нерва.

Кістковопластична реконструкція передбачала формування синостозу великогомілкової кістки за допомогою вільної та невільної пластики.

При короткій куксі з рубцевими змінами, що прилягають до кістки, останню препарували. Виконували реампутацію з вкороченням кістки та м'язовою пластикою з фіксацією м'язів до кістки. Для подовження кукси проводили остеотомію великогомілкової кістки з подальшою distraкцією та формуванням регенерату. Після досягнення необхідної довжини та достатньої міцності регенерату виготовляли протез.

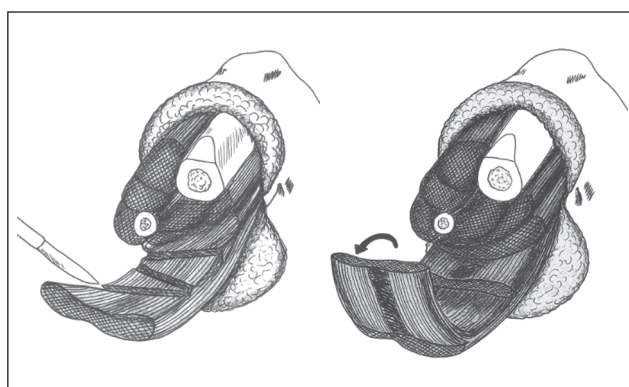


Рисунок 4. Схеми операцій м'язової пластики кукси гомілки з подовженням (Z-подовження та язикоподібне подовження) литкового м'яза

При залишковій кінцівці на рівні нижньої третини з рубцевими змінами в дистальній ділянці та надмірною довжиною кукси проводили реампутацію на рівні середньої та нижньої третини гомілки. Частіше застосовували економну реампутацію з одночасною шкірною пластикою. Розріз шкіри виконували атипово, з урахуванням розташування рубцевих тканин. Після розсічення та дисекції рубців виконували шкірну пластику масивним шкірно-підшкірним клаптом, переміщеним із прилеглих ділянок залишкової кінцівки, коліна або стегна. Перед цим завжди проводили інтенсивну підготовку донорської ділянки для забезпечення її більшої рухливості.

На куксі середньої третини гомілки при дефектах шкіри на передній або задньолатеральній поверхні шкіру з підшкірною клітковиною відокремлювали по передній або зовнішній поверхні кукси до розмірів дефекту. Протилежний край рани мобілізували по всій довжині розрізу, шви накладали без натягу. У разі великих дефектів передньолатеральної поверхні ампутаційної кукси верхньої третини гомілки застосовували невільну шкірну пластику переміщенням клаптом з передньозовнішньої поверхні стегна, що дозволяло повністю закрити шкірні дефекти розміром до $70\text{--}80\text{ см}^2$ (рис. 4).



Рисунок 5. Невільна шкірна пластика ампутаційної кукси гомілки масивним переміщенням клаптем

Водночас зі шкірною пластикою виконували видалення остеофітів, резекцію нервових стовбурів над зоною навантаження кукси в протезі, обробку гребеня та кісткового опилю.

Результати

Хірургічне видалення лігатурних нориць із ушиванням та дренажуванням рани призводило до її загоєння протягом 10–16 днів. Видалення бурси в ділянці гребеня великогомілкової кістки зазвичай супроводжувалося спилуванням гребеня та ушиванням рани. У всіх пацієнтів спостерігалось повне загоєння рани.

Надмірна рухливість малогомілкової кістки в більшості випадків усувалася її стабілізацією за допомогою довгого малогомілкового м'яза. Усунення надмірної рухливості було досягнуто у всіх пацієнтів.

Шкірно-пластична реконструкція кукс на рівні середньої та верхньої третини гомілки була ускладнена. У більшості пацієнтів ділянки кукси та прилеглі зони,

критично важливі з функціональної точки зору, були вкриті рубцевою тканиною, щільно спаяною з підлеглими структурами та легко ушкоджуваною при мінімальному навантаженні. У інших спостерігалися тривало незагоєні рани, болючі або виразкові рубці, трофічні виразки, ділянки зміненої шкіри з ознаками атрофії та дегенерації, ущільнені рубці, що спричинювали деформацію кукси. У двох випадках при закритті дефекту шкіри в ранньому післяопераційному періоді через натяг шкіри відбулося часткове некротичне ураження країв клаптя. Подібне ускладнення спостерігалось при шкірній пластичі великого дефекту на передній поверхні кукси гомілки, коли протилежний край рани був недостатньо мобілізований після закриття великого дефекту площею 75 см². Частковий некроз усунено шляхом резекції ураженої ділянки та повторного ушивання рани.

Формування кукси шляхом фіксації м'язів до кісткового опилю дозволяло отримати пружні м'язові кукси з добре закритими кістками. У деяких випадках виника-

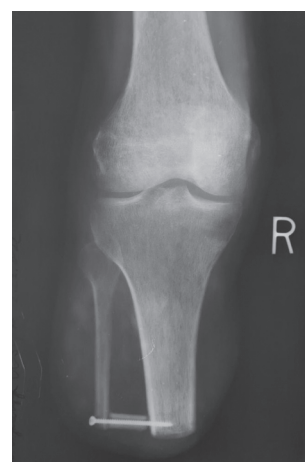
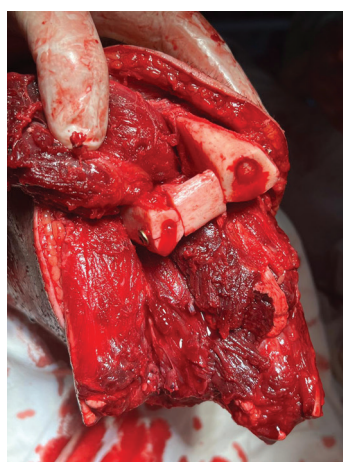
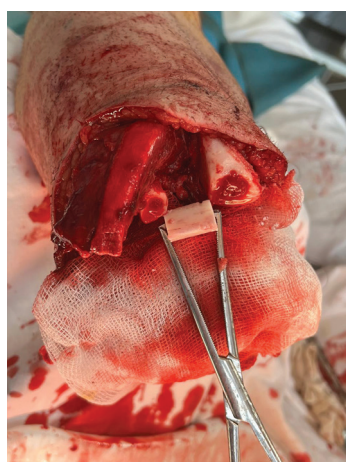


Рисунок 6. Формування синостозу гомілкових кісток із використанням автотрансплантата з малогомілкової кістки



Рисунок 7. Формування синостозу гомілкових кісток із використанням автотрансплантата з великогомілкової кістки

ли труднощі при натягу скороченого литкового м'язу до гребеня великогомілкової кістки. Для уникнення надмірного натягу м'яз подовжували на дві третини його товщини послабляючими розрізами (рис. 5). Після міопластичних операцій формування кісткової закриваючої пластини завершувалося протягом 2–3 місяців.

Хороші результати були отримані при формуванні синостозу гомілкових кісток із використанням різних трансплантатів. Застосовували кілька технік залежно від клінічних умов. З ампутованого сегмента малогомілкової кістки формували трубчастий трансплантат довжиною, що відповідала або була трохи меншою за розмір міжкісткового проміжку. Трансплантат розміщували перпендикулярно до гомілкових кісток між їх боковими поверхнями (рис. 6).

Через кінець малогомілкової кістки проводили спицю з опорною платформою через кістковий канал трансплантата та великогомілкову кістку. Друга спиця перетинала першу через великогомілкову кістку. Спиці фіксували в кільці апарата Ілізарова, створюючи компресію. Проксимальне кільце, на якому фіксували проведені навхрест черезкістково спиці, монтували у верхній третині гомілки. Кільця з'єднували направляючими штангами. Ця методика забезпечує стабільність трансплантата і запобігає його зміщенню. У деяких пацієнтів трансплантат фіксували додатково за допомогою гвинтів. Формування кісткового синостозу відбувалося протягом 6–7 тижнів.

Якщо куска мала достатню довжину, кістки спилювали зсередини назад. З частини великогомілкової кістки, що підлягала видаленню, виготовляли трапецієподібний трансплантат. Сторони трапеції відповідали площинам опилів великогомілкової та малогомілкової кісток, а довжина більшої основи дорівнювала відстані між їх найнижчими точками. Трансплантат розміщували між кістковими опилами, закриваючи отвори кісткових каналів (рис. 7).

Для фіксації через кінці обох кісток і трансплантата з боку малогомілкової кістки електродрилем проводи-

ли спиці з опорною платформою. Остаточну фіксацію здійснювали апаратом Ілізарова.

Інший варіант операції дозволяв незначне вкорочення кукси (до 1 см) із формуванням синостозу. Великогомілкову кістку спилювали по діагоналі зверху вниз і зовні всередину, формуючи трансплантат у вигляді трапеції. Менша основа трапеції відповідала ширині міжкісткового проміжку, а більша — відстані між внутрішніми краями великогомілкової та малогомілкової кісток. Трансплантат повертали на 180° та поєднували його сторони з тибіальною та латеральною поверхнями малогомілкової кістки. Фіксацію виконували за допомогою апарата Ілізарова. Період стабілізації становив 6–7 тижнів.

Метод формування синостозу з трансплантатом великогомілкової кістки без додаткових засобів фіксації полягав у такому: брали фрагмент великогомілкової кістки довжиною, що дорівнює відстані між зовнішньою та внутрішньою точками кістки. У ньому формували паз, ширина якого дорівнює половині передньозаднього розміру кістки. На кінці кістки формували паз, глибина якого відповідає товщині кортикального шару трансплантата довжиною 1 см у фронтальній площині. Трансплантат вставляли в паз, при цьому задня поверхня великогомілкової кістки та куска малогомілкової кістки також розташовувалися у сформованому отворі. Цей метод забезпечував надійне утримання трансплантата, а формування синостозу відбувалося протягом 8–10 тижнів.

Додаткова фіксація не була необхідна при синостозі гомілкових кісток із трубчастим трансплантатом, встановленим через малогомілкову кістку. З частини великогомілкової кістки, що підлягала видаленню, виготовляли безперервний трубчастий трансплантат довжиною 3–4 см, зачищали його від м'яких тканин і щільно встановлювали в куксу малогомілкової кістки. Трансплантат розташовували так, щоб одна з його трьох поверхонь щільно прилягала до зовнішньої поверхні великогомілкової кістки. Передній великого-

мілковий та литковий м'язи фіксували до трансплантата. Тривалість фіксації становила 6–8 тижнів.

У разі короткої кукси великогомілкової кістки із залишком малогомілкової кістки, який постійно відхилявся назад і назовні через натяг двоголового м'яза, створюючи булавоподібну деформацію та унеможливаючи протезування, виконували одну з остеопластичних операцій.

Одна з методик передбачала формування синостозу за рахунок тонкого автотрансплантата з гребеня великогомілкової кістки. З гребеня великогомілкової кістки виготовляли трансплантат у формі цвяха. Залишок малогомілкової кістки виводили у фізіологічне положення; при необхідності проводили Z-подібне подовження сухожилля двоголового м'яза. Електродрилем із свердлом відповідного діаметра формували поперечні сліпі канали на зовнішній поверхні великогомілкової кістки та внутрішній поверхні малогомілкової кістки, у які вводили трансплантат. Після цього виконували м'язову пластику та ушивали рану. Синостоз формувався протягом 6–7 тижнів.

Синостоз кісток гомілки при коротких куксах також може бути досягнутий шляхом компресії малогомілкової кістки до великогомілкової за допомогою апарата Лізарова або шляхом розміщення кукси малогомілкової кістки в борозні вздовж зовнішньої поверхні великогомілкової кістки. Період фіксації становив 2 місяці.

Через 4 тижні після операції ультразвукове дослідження показало зменшення діастазу між трансплантатом та кісткою. Відмічалось збільшення ехопозитивних включень із трансформацією у лінійні структури, орієнтовані вздовж осі кукси. У деяких випадках виявлялися кісткові містки у вигляді тонких гіперехогенних ліній.

На 8-му тижні ультразвукова картина демонструвала безперервну гіперехогенну структуру з нерівномірною гіперехогенною лінією та акустичною тінню, що свідчило про повне зрощення трансплантата з кісткою.

Показання до остеопластичної реконструктивної операції включали надлишок м'яких тканин, прикріплення м'язів до рубців, неправильний опил кісток, відхилення малогомілкової кістки, надмірну рухливість, надто довгу куксу, рубцеву та змінену шкіру.

М'язова пластика виконувалася у всіх випадках для укріплення кісток і забезпечення функціональної цілісності кукси. Серйозних ускладнень не виявлено; локальні післяопераційні гематоми потребували активного дренивання.

Одужання досягнуто у всіх пацієнтів.

Рациональне поєднання шкірної, м'язової та кісткової пластики, дбайливе поводження з м'язами та їх фіксація до кісткового опилу запобігали скороченню м'язів, виступанню кісткового опилу та надлишку м'яких тканин. Згладжування нерівностей лінії кісткового опилу та формування кісткового блоку великогомілкової кістки запобігали дефектам кукс.

Усім пацієнтам проведено протезування легкими протезними конструкціями, такими як напівконтактний протез. Ці протези естетичні, легкі та прості у ви-

користанні. Вони забезпечують максимальний контакт між куксою та гільзою протеза, а також навантаження на торець. Кровообіг у куксі задовільний. Трофічних порушень немає. Виключена наявність хронічного набряку в дистальній частині кукси. Атрофія стегнових м'язів незначна. Майже всі пацієнти використовують протез.

Оцінюючи результати ампутацій з точки зору протезування, слід підкреслити, що протезна придатність кукс залежить від рівня ампутації. Кукса після кісткової пластики має дещо кращу опорну поверхню завдяки більшому діаметру площини. Хоча такі кукси не можна вважати оптимальними, формування розширеного безболісного дистального відділу забезпечує задовільний контакт із протезом та комфортне навантаження на кінцівку.

Кукси гомілки на рівні середньої третини добре укріплені м'язами. Збільшення площі поперечного перерізу дозволяє переносити до 60 % маси тіла. Кукси є пружними, еластичними та безболісними. Завдяки формуванню синостозу та розширенню зони опилу, а отже, підвищеній навантажувальній здатності дистального відділу залишкової кінцівки ця частина забезпечує оптимальний контакт із протезом.

Обговорення

Відновлення повноцінної функціональної шкіри залишкової кінцівки є надзвичайно важливим аспектом реконструктивної хірургії. Шкірна пластика відіграє ключову роль не лише у відновленні м'яких тканин, а й у комплексній м'язовій та кістковій реконструкції. Використання невідірваних шкірних клаптів на широкій основі дозволяє зберегти довжину кістки, що позитивно впливає на функціональні можливості кукси під час протезування. Переміщена шкіра є гомогенною з прилеглими тканинами, зберігає природний кровообіг та іннервацію. Особливо важливу роль відіграє підшкірна жирова клітковина, яка забезпечує легке переміщення тканин і усунення глибоких дефектів. Шкірно-підшкірний клапоть слід формувати на одному рівні з межами здорової тканини та відділяти від фасції єдиним блоком. У разі натягу шкіри її необхідно розсікати без ушкодження колагенових волокон. Закриття дефектів залишкової кінцівки шляхом переміщення шкірно-підшкірного клаптя з передньої поверхні колінного суглоба та стегна є особливо ефективним, якщо під час підготовки клаптя враховується тренування його рухливості та еластичності.

М'язова пластика є беззаперечною складовою частиною реконструкції кукс гомілки. Фіксація м'язів до кістки дозволяє укріпити кісткові опили, гребінь кістки та забезпечити щільне закриття кісткового каналу. Рациональне поєднання стабілізації залишку малогомілкової кістки довгим малогомілковим м'язом із відновленням передніх та задніх міжм'язових перетинків та формуванням шару, що перекриває гребінь великогомілкової кістки, із фіксацією литкового м'яза до гребеня великогомілкової кістки, забезпечує еластичність м'язової кукси. Фіксація м'язів до кістки під час кістко-

вопластичних операцій виконує аналогічну функцію. Надалі м'язи, зшиті на кінці кукси, перетворюються на щільну фіброзну тканину з органною будовою, що слугує надійною прокладкою між кісткою та протезом. Бічні поверхні кукси зазнають атрофії м'язів, ступінь якої залежить від використання протеза.

Техніка кісткової пластики на куксах гомілки є порівняно нескладною та дозволяє хірургу обирати оптимальний варіант для кожного пацієнта. Репаративний процес зазвичай проходить без ускладнень: не зафіксовано зміщень або неправильного розташування трансплантата. Закриття кісткової порожнини створює сприятливі умови для нормального репаративного процесу. У жодному випадку не спостерігалось додаткового кісткоутворення на бічних поверхнях кістки у вигляді кісткових і хрящових регенератів. При надійній фіксації трансплантата синостоз формується протягом 6–8 тижнів.

Аналіз ультразвукових досліджень показав, що протягом 4 тижнів відбувається активна консолідація трансплантата з кісткою, іноді з формуванням кісткових містків. До 8 тижнів спостерігалось завершення консолідації.

Попередні дослідження [16] дозволяють стверджувати, що при кістковій пластичі із синостозом стабільність і ступінь навантаження кукси більш ніж у чотири рази вищі, ніж без нього. Останнє особливо важливо, оскільки при функціональному навантаженні в кістках виникають пружні деформації, що викликають гідродинамічний ефект, що сприяє нормальній внутрішньокістковій мікроциркуляції, а отже, і трофіці кістки.

Проведені морфологічні дослідження свідчать про те, що в кістковій тканині кінців кукс відбувалися процеси фізіологічної реорганізації з повним балансом остеогенезу та остеорезорбції. Дослідження [16] демонструють, що при кістковій пластичі з формуванням синостозу стабільність і ступінь навантаження кукси перевищують аналогічні показники у 4 рази порівняно з куксами без синостозу. Це має особливе значення, оскільки під час функціонального навантаження відбуваються еластичні деформації кістки, що створюють гідродинамічний ефект і сприяють нормальній внутрішньокістковій мікроциркуляції, а отже, підтримують трофіку кістки.

Кістковий блок великогомілкової кістки після ампутації зберігає компакту структуру зрілої кісткової тканини, що підтверджує повну функціональну відповідність кінців кукс анатомічній структурі кістки.

Висновки

1. Використання невеликого шкірно-підшкірного клаптя є методом вибору для закриття дефектів шкіри ампутаційних кукс нижніх кінцівок.

2. Фіксація м'язів до кістки дозволяє усунути дефекти кісткових опилів і гребенів, формуючи еластичну м'язову куксу із замкнутою кістково-мозковою порожниною, що підвищує стабільність кукси, поліпшує її механічну міцність і функціональні можливості при протезуванні.

3. Формування синостозу різними методами суттєво підвищує навантажувальну здатність і механічну стійкість ампутаційної кукси, забезпечуючи оптимальний контакт із протезом та сприяючи ефективному і безболісному протезуванню.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів та власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Внесок авторів. Климовицький Ф.В. — остаточне затвердження статті; Безсмертний Ю.О. — концепція та дизайн роботи, написання статті; Макогончук А.В., Безсмертна Г.В. — збір та аналіз даних; Шевчук В.І. — критичний огляд.

References

1. Levack AE, Reider L, Odum S, et al. Outcomes of amputation and limb salvage in combat injuries: Does level of injury matter? A secondary analysis of Military Extremity Trauma Amputation/Limb Salvage (METALS) study data. *Injury*. 2025 Apr;56(4):112220. doi: 10.1016/j.injury.2025.112220.
2. Petfield JL, Lewandowski LR, Stewart L, Murray CK, Tribble DR. IDCRP Combat-Related Extremity Wound Infection Research. *Mil Med*. 2022 May 4;187(Suppl 2):25-33. doi: 10.1093/milmed/usab065.
3. Tropf JG, Hoyt BW, Walsh SA, et al. Long-Term Health Outcomes of Limb Salvage Compared with Amputation for Combat-Related Trauma. *J Bone Joint Surg Am*. 2023 Dec 6;105(23):1867-1874. doi: 10.2106/JBJS.22.01284.
4. Butler F, Holcomb JB, Dorlac W, et al. Who needs a tourniquet? And who does not? Lessons learned from a review of tourniquet use in the Russo-Ukrainian war. *J Trauma Acute Care Surg*. 2024 Aug 1;97(2S Suppl 1):S45-S54. doi: 10.1097/TA.0000000000004395.
5. Grubor P, Milicevic S, Grubor M, Meccariello L. Treatment of Bone Defects in War Wounds: Retrospective Study. *Med Arch*. 2015 Aug;69(4):260-264. doi: 10.5455/me-darh.2015.69.260-264.
6. Rollo G, Falzarano G, Ronga M, et al. Challenges in the management of floating knee injuries: Results of treatment and outcomes of 224 consecutive cases in 10 years. *Injury*. 2019 Aug;50(Suppl 4):S30-S38. doi: 10.1016/j.injury.2019.03.016.
7. Allami M, Faraji E, Mohammadzadeh F, Soroush MR. Chronic musculoskeletal pain, phantom sensation, phantom and stump pain in veterans with unilateral below-knee amputation. *Scand J Pain*. 2019 Jul 4;19(4):779-787. doi: 10.1515/sjpain-2019-0045.
8. Buch NS, Qerama E, Brix Finnerup N, Nikolajsen L. Neuromas and postamputation pain. *Pain*. 2020 Jan;161(1):147-155. doi: 10.1097/j.pain.0000000000001705.
9. Buchheit T, Hsia H, Cooter M, et al. The impact of surgical amputation and valproic acid on pain and functional trajectory: results from the veterans integrated pain evaluation research (VIPER) randomized, double-blinded placebo-controlled trial. *Pain Med*. 2019;20(10):2004-2017. doi: 10.1093/pm/pnz067.
10. Ahuja V, Thapa D, Ghai B. Strategies for prevention of lower limb post-amputation pain: A clinical narrative review. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2018 Oct-Dec;34(4):439-449.

doi: 10.4103/joacp.JOACP_126_17.

11. Ahmed A, Bhatnagar S, Mishra S, Khurana D, Joshi S, Ahmad SM. Prevalence of Phantom Limb Pain, Stump Pain, and Phantom Limb Sensation among the Amputated Cancer Patients in India: A Prospective, Observational Study. *Indian J Palliat Care*. 2017 Jan-Mar;23(1):24-35. doi: 10.4103/0973-1075.197944.

12. Bosanquet DC, Glasbey JC, Stimpson A, Williams IM, Twine CP. Systematic review and meta-analysis of the efficacy of perineural local anaesthetic catheters after major lower limb amputation. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2015 Aug;50(2):241-249. doi: 10.1016/j.ejvs.2015.04.030.

13. Dumanian G, Potter B, Mioton L, et al. Targeted Muscle Reinnervation Treats Neuroma and Phantom Pain in Major Limb Amputees: A Randomized Clinical Trial. *Ann Surg*. 2019 Aug;270(2):238-246. doi: 10.1097/SLA.0000000000003088.

14. Gilmore C, Ilfeld B, Rosenow J, et al. Percutaneous peripheral nerve stimulation for the treatment of chronic neuropathic postamputation pain: a multicenter, randomized, placebo-controlled trial. *Reg Anesth Pain Med*. 2019 Jun;44(6):637-645. doi: 10.1136/rapm-2018-100109.

15. Tosun B, Seleke O, Gok U, Tosun O. Medial gastrocnemius muscle flap for the reconstruction of unhealed amputation stumps. *J Wound Care*. 2017 Aug 2;26(8):504-507. doi: 10.12968/jowc.2017.26.8.504.

16. Bezsmertnyi Y, Shevchuk V, Grushko O, et al. Information model for the evaluation of the efficiency of osteoplasty performing in case of amputations on below knee. In: Romaniuk RS, Maciej Linczuk M, editors. *Proc SPIE*. 2018:10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018:108083H. doi: 10.1117/12.2501558.

17. Plucknette BF, Krueger CA, Rivera JC, Wenke JC. Combat-related bridge synostosis versus traditional transtibial amputation: comparison of military-specific outcomes. *Strategies Trauma Limb Reconstr*. 2016 Apr;11(1):5-11. doi: 10.1007/s11751-015-0240-4.

18. Taylor BC, Poka A. Osteomyoplastic Transtibial Amputation: The Ertl Technique. *J Am Acad Orthop Surg*. 2016 Apr;24(4):259-265. doi: 10.5435/JAAOS-D-15-00026.

19. Weiss M, Gawronski R, Giezyński A, et al.; U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, National Institutes of Health. *Myoplastic amputations. Immediate Prosthesis and early amputation*. Bethesda, MD: National Library of Medicine; 1971. 245 p.

Отримано/Received 05.09.2025

Рецензовано/Revised 20.10.2025

Прийнято до друку/Accepted 06.11.2025

Information about authors

Fedor Klymovytskyi, MD, DSc, PhD, Donetsk National Medical University, Kropyvnytskyi, Ukraine; e-mail: klimovitskiyfedor@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0566-5808>

Yurii Bezsmertnyi, MD, DSc, PhD, Professor, Head of the Department of Reconstructive Orthopedics and Traumatology, University Clinic of Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: bezsmertnyiurii@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-1388-7910002-1388-7910>

Viktor Shevchuk, MD, DSc, PhD, Professor, Deputy Director for Scientific Work, University Clinic of Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: shevchukndiri@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1105-4795>

Andrii Makohonchuk, MD, PhD, Associate Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics, University Clinic of Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: makogonav5@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5031-5217>

Halyna Bezsmertna, MD, PhD, Leading Researcher, University Clinic of Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: bezsmertnahalyna@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1505-4872>

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of the manuscript.

Authors' contribution. F.V. Klymovytskyi — final approval of the article; Yu.O. Bezsmertnyi — concept and design of the work, writing the article; A.V. Makohonchuk, H.V. Bezsmertna — data collection and analysis; V.I. Shevchuk — critical review.

F.V. Klymovytskyi¹, Yu.O. Bezsmertnyi², V.I. Shevchuk², A.V. Makohonchuk², H.V. Bezsmertna²

¹Donetsk National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Kropyvnytskyi, Ukraine

²University Clinic of Vinnytsia National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine

Reconstructive surgeries of below-knee amputation stumps resulting from combat trauma

Abstract. Background. Full-scale military operations are accompanied by an increase in the number of wounded with severe limb injuries, often requiring amputation. Despite advances in surgical technology, a significant proportion of patients develop pathologically altered stumps after lower limb amputation, complicating prosthetics and further rehabilitation. Aim: to improve the effectiveness of reconstructive and restorative treatment of patients with lower limb amputation stump defects after combat trauma by improving amputation plastic surgery techniques. **Materials and methods.** Clinical examination and surgical treatment were performed on 126 patients with lower limb amputation stump defects, among which post-traumatic lesions caused by mine-blast and gunshot wounds prevailed. A total of 137 reconstructive surgical procedures were performed, including myoplastic, osteoplastic, and skin-subcutaneous operations. Radiographic, ultrasonic, and histological methods were used to evaluate the outcomes. The

duration of follow-up ranged from 3 months to 5 years. **Results.** All patients achieved stable positive results with the formation of an elastic, painless and functionally complete stump suitable for modern prosthetics. The use of developed and improved methods of skin, muscle and bone plastic surgery contributed to an increase in stump stability, uniform load distribution in the prosthesis socket and a reduction in the percentage of defective stumps. **Conclusions.** Closure of defects with skin and subcutaneous flaps is the method of choice for reconstructing amputation stumps of the lower leg after combat injuries. Fixing muscles to the bone allows you to eliminate stump defects and obtain an elastic muscle stump. The formation of interosseous synostosis using various osteoplastic methods significantly improves the functional properties of the stump and contributes to effective prosthetics.

Keywords: combat injury; amputation stump; reconstructive surgery; myoplasty; osteoplasty